Die Bleiminen von Ahängäran bei Mälayer (Zentral-Iran)

Inauguraldissertation

der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Bern

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Sirus Schafighi

von Rasht (Iran)

Von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. Th. Hügi angenommen

Bern, den 1. August 1972

Der Dekan: sig.: Prof. Dr. U. Leupold

Gekürzte, von der Fakultät genehmigte Fassung. Die ungekürzte Dissertation mit dem gleichlautenden Titel wie die vorliegende gekürzte Fassung ist hinterlegt worden: auf der Stadt- und Hochschulbibliothek Bern, auf der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern und im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern.

Druck Ed. Aerni-Leuch, Bern
1972

Die Bleiminen von Ahängäran bei Mälayer (Zentral-Iran)

Inauguraldissertation

der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Bern

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Sirus Schafighi

von Rasht (Iran)

Von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. Th. Hügi angenommen

Bern, den 1. August 1972

Der Dekan: sig.: Prof. Dr. U. Leupold

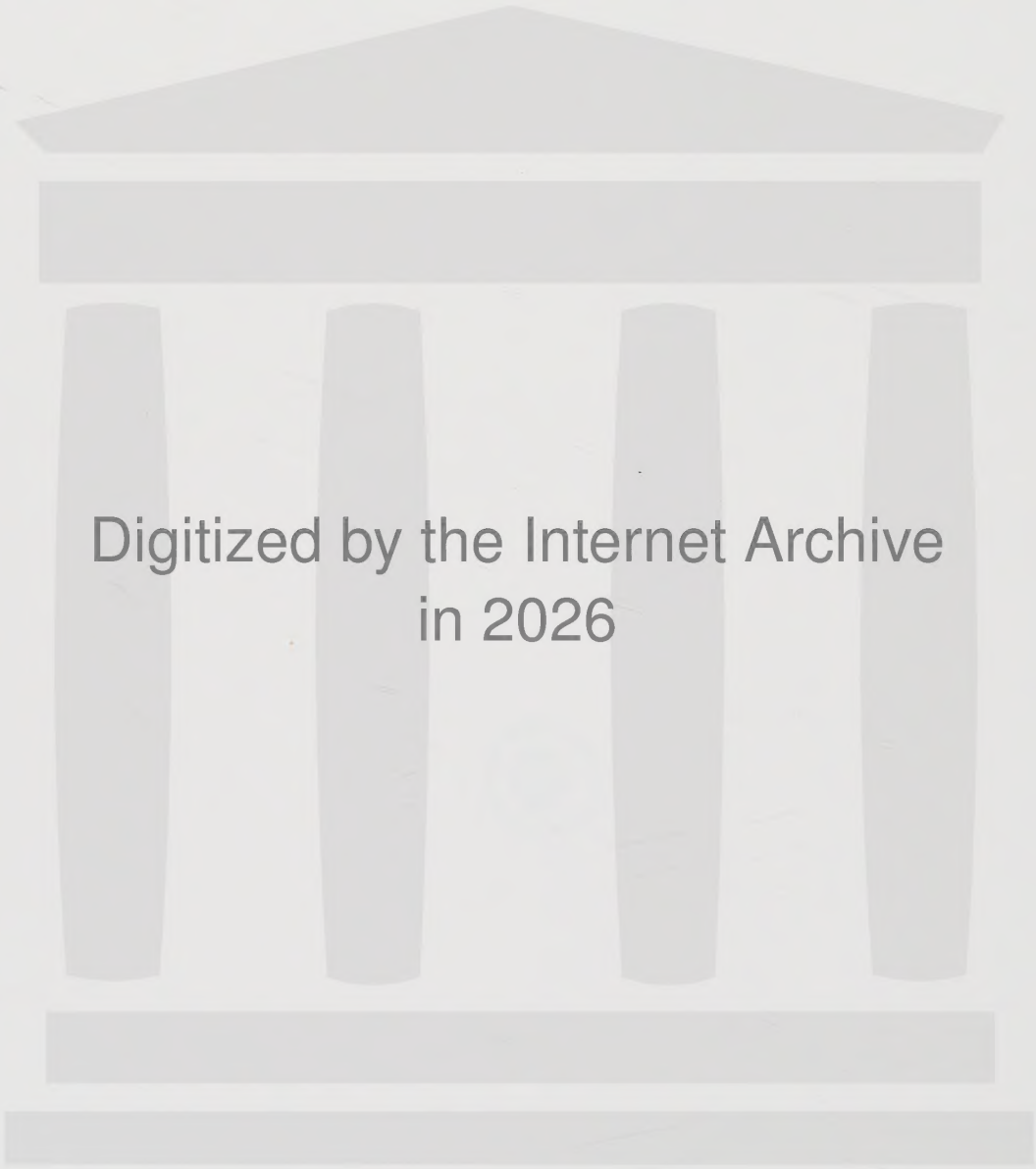
Gekürzte, von der Fakultät genehmigte Fassung. Die ungekürzte Dissertation mit dem gleichlautenden Titel wie die vorliegende gekürzte Fassung ist hinterlegt worden: auf der Stadt- und Hochschulbibliothek Bern, auf der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern und im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern.

Druck Ed. Aerni-Leuch, Bern

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinem lieben Vater Mähmud Schafighi gewidmet.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547616_0027

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand auf Anregung und unter Leitung meines verehrten Lehrers Herrn Prof. Dr. Th. Hügi. Im Laufe der Untersuchungen im Minengebiet von Ahängäran erhielt ich von ihm stets guten Rat und Unterstützung. Dafür sei ihm hier mein herzlichster Dank ausgesprochen.

Ebenso möchte ich der Minengesellschaft, im besonderen ihrem Direktor, Herrn M. Rezaii, für die Erlaubnis, die Untersuchungen in den Minen als Grundlage für meine Dissertation verwenden zu dürfen, herzlich danken.

Herrn Dr. J. Stöcklin danke ich besonders für anregende Diskussionen.

Danken möchte ich für nützliche Diskussionen den Herren Dr. A. Horita, Dr. Huber, Dipl. Ing. Sohrabi, Dipl. Ing. Nabäwi und Dipl. Ing. Valeh.

Dem "Geological Survey of Iran" danke ich bestens für die Anfertigung von Dünn- und Anschliffen.

Meinen Mitarbeitern in den Minen, insbesondere den Vorarbeitern H. Aelmasi, Z. Mosafäri und dem Arbeiter H. Hosseini danke ich bestens für ihre Unterstützung.

Meinem Freund, Herrn N. Latifi, danke ich herzlich für seine allseitige Hilfe, sein Verständnis und seine ständige Bereitschaft, meine Arbeit zu unterstützen.

Ganz besonderen Dank schulde ich meinem Studienkollegen Herrn Dr. H. Rutishauser, der bei der Zusammenstellung und Korrektur meiner Arbeit behilflich war. Ebenso danke ich der Familie Rutishauser für ihre Gastfreundschaft.

Herrn Prof. Dr. E. Niggli danke ich für die gewährte Unterstützung und die gebotene Möglichkeit, verschiedene Apparate des Instituts zu benützen. Herrn Prof. Dr. Tj. Peters bin ich dankbar für verschiedene Ratschläge vor allem bei Diffraktometeruntersuchungen.

Der Studienkollegin Frl. Dr. Katharina Schmid danke ich für ihre Mithilfe bei der Spurenanalyse mittels Atom-Absorption, Herrn J. Fuhrimann für die Unterstützung bei Laborarbeiten und Herrn Walter für Analysen mit der Elektronenmikrosonde.

Für die sorgfältige Anfertigung vieler Schliffe danke ich Herrn H. Huber.

Schliesslich bin ich der Eidg. Stipendienkommission und deren bernischen Vertretern, den Prof. Dr. W. Mosimann und Dr. G. Walser, dankbar für die Betreuung und ihre Bemühungen um das mir gewährte Bundesstipendium.

INHALT

		Seite
	VORWORT	3
	PROBLEMSTELLUNG	6
1)	LAGE DES ARBEITSGEBIETES	7
1.1)	Geographisch	7
1.2)	Geologisch-tektonisch	7
2)	FELDARBEITEN	10
2.1)	Grundlagen	10
2.2)	Erläuterungen der geologischen Karte	10
	2.2.1) Phyllite	12
	2.2.2) Meta-Sandsteine	12
	2.2.3) Kalke	12
	2.2.4) Gangartige Einschaltung im Kalk	12
2.3)	Makroskopische Beschreibung der Erzvorkommen	13
	2.3.1) Beobachtungen an der Oberfläche	13
	2.3.2) Beobachtungen in den Stollen	13
	2.3.2.1) Bleiglanz in Taschen	14
	2.3.2.2) Bleiglanz in Barytgängen und -Linsen	15
	2.3.2.3) Bleiglanz in Quarzgängen und -Linsen	15
	2.3.2.4) Limonitische Bildungen	15
	2.3.2.5) Kupfer-Erze	15
	2.3.2.6) Pyrit	15
	2.3.2.7) Sekundäre Erzmineralien	18
2.4)	Geologische Beobachtungen in den Stollenanlagen	18
3)	LABORUNTERSUCHUNGEN	22
3.1)	Mikroskopische Untersuchungen	22
	3.1.1) Untersuchungen im durchfallenden Licht	22
	3.1.1.1) Phyllitische Gesteine	22
	3.1.1.2) Meta-Sandsteine	23

3.1.1.3) Kalke 24
3.1.1.4) Metamorphose 24
3.1.2) Untersuchungen im auffallenden Licht 24
3.1.2.1) Bleiglanz (PbS) 24
3.1.2.2) Anglesit ($PbSO_4$) 25
3.1.2.3) Cerussit ($PbCO_3$) 25
3.1.2.4) Pyrit (FeS_2) 25
3.1.2.5) Kupferkies ($CuFeS_2$) 25
3.1.2.6) Gediegen Kupfer (Cu) 25

3.2) Chemische Analysen 25
3.2.1) Analysen von Stollenproben 26
3.2.2) Analysen von Proben aus alten Halden 27

4) TECHNISCHE ASPEKTE DER MINEN VON AHÄNGÄRAN 30

5) ZUR GENESE DER LAGERSTÄTTE VON AHÄNGÄRAN 31

Erläuterungen zu den Tafeln 4 - 7 35

Literaturverzeichnis 40

LEBENSLAUF 42

PROBLEMSTELLUNG

Vor ca. 20 Jahren wurden auf Veranlassung des Iranischen Minenamtes systematische Erz-Prospektionen in Angriff genommen. Dabei ging es darum, möglichst alle Erzvorkommen zu lokalisieren und die Abbaumöglichkeit zu studieren.

Eine vom Minen-Amt beauftragte Gruppe untersuchte die Erzvorkommen im Gebirge von Brudjerd, Arak, Mälayer und Hämadan. Die alten Bergwerkanlagen von Ahängäran bei Arak sind seit längerer Zeit bekannt. Leider existieren keine Unterlagen von der im Auftrage des Minen-Amtes tätig gewesenen Gruppe bezüglich der Bleiminen von Ahängäran, die spater von der Rezaii-Gesellschaft aufgekauft worden sind. Diese Gesellschaft erteilte mir den Auftrag, als deren Geologe in Ahängäran die Prospektions- und Erschliessungsarbeiten unter Tage zu leiten. Mit Hilfe eines schweizerischerseits gewährten Bundesstipendiums war es mir möglich, nach Auflösen des Arbeitsverhältnisses, die Bleimine weiter zu untersuchen und die gesammelten Proben am Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern auszuwerten. Die Minengesellschaft erlaubte mir, die gemachten Beobachtungen für die Dissertation zu verwerten. Es ging in erster Linie darum, das Erzvorkommen von Ahängäran nach seiner geologischen Stellung, seinem Inhalt, seiner Ausdehnung und seiner Bildung zu untersuchen. Ueber die festgestellten Erzvorräte dürfen hier keine Angaben gemacht werden.

Da zu Beginn der Arbeiten die topographischen Unterlagen fehlten und die geologischen Verhältnisse der näheren Umgebung der Blei-Lagerstätte im Detail unbekannt waren, standen das Beschaffen der topographischen Grundlage und anschliessend die geologische Kartierung und Aufnahme über und unter Tage im Vordergrund.

1) LAGE DES ARBEITSGEBIETES

1.1) Geographisch

Das Arbeitsgebiet, die Minen von Ahängäran bei Arak, liegt in Zentral-Iran (Fig. 1) zwischen Arak und Mälayer, 22 Kilometer vor Mälayer beim Dorf Zangäneh. Die Entfernung nach Teheran beträgt 270 Kilometer.

Fig. 1: Uebersichtsskizze von Iran mit eingezeichneter Lage des Arbeitsgebietes.

Die Minen liegen im Quellgebiet des Tales von Mälayer auf einer Höhe von ca. 2'500 m ü.M. am südlichen Hang eines Gebirgskammes, dessen höchste Erhebung 2'770 m ü.M. beträgt. Auf dem Kartenausschnitt der Tafel 1 ist dieser Kamm, im Gegensatz zur geologischen Karte der ungekürzten Dissertation, nicht dargestellt.

1.2) Geologisch-tektonisch

Im Laufe der geologischen Erforschung hat die Deutung der tektonischen Stellung des Hochplateaus von Zentral-Iran manche Aenderung erfahren. In der geologischen Karte von Iran (National Iranian Oil Company 1959) ist zum ersten Mal eine Synthese der verschiedenen bis anhin geäusserten Meinungen über den geologischen Aufbau von Iran versucht worden. Danach besteht Zentral-

Iran nicht aus einem Massiv, das heisst einem peneplainisierten, starren Sockel. Es handelt sich vielmehr um eine Geosynklinalzone mit erhöhter tektonischer Mobilität, die als zentrale Eugeosynklinale im Norden und Süden von den miogeosynklinalen Zonen des Elburs- und Zagrosgebirges umrahmt wird.

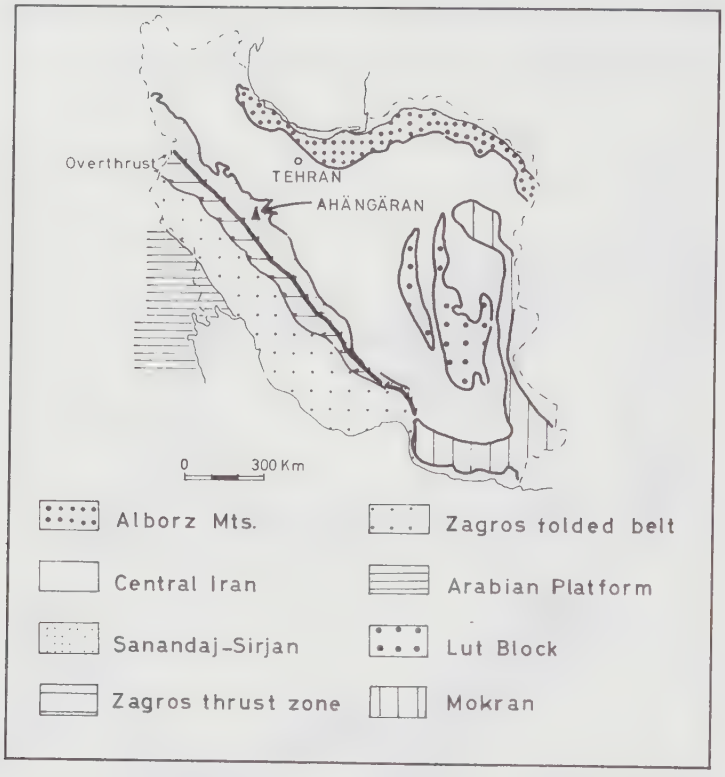


Fig. 2: Geologisch-tektonische Uebersicht von Iran (vereinfacht nach Stöcklin 1968)

Um den Rahmen unserer Betrachtungen über die Lagerstätte von Ahängäran abstecken zu können, sei im Folgenden die von STÖCKLIN (1964 und 1968) nach strukturellen und tektonischen Gesichtspunkten ausgearbeitete Einteilung von Iran zusammengefasst. Stöcklin teilt Iran in folgende Zonen ein:

- Im Südwesten befindet sich ein Teil der Arabischen Tafel (Arabian Platform). Die Grenze gegen die Faltenzone des Zagros ist sehr scharf.
- Faltungszone des Zagros (Zagros folded belt). Entspricht einer Externzone einer Geosynklinalen. Die Faltung erfolgte fast ausschliesslich in der letzten Phase der alpinen Gebirgsbildung.
- Die Ueberschiebungszone des Zagros (Zagros thrust zone). Diese Zone entspricht der nördlichen Grenze der Zagros-Geosynklinale. Die arabische Tafel nimmt ihre Fortsetzung unter der Faltungszone des Zagros. Die Ueberschiebungszone wurde bereits im Präkambrium angelegt.

- Sanandaj-Sirjan-Zone. Diese, früher dem Zagros-System zugeordnete Zone, wird gebildet durch die Gebirgszüge NE der Zagros thrust zone. Es hat sich gezeigt, dass das Sedimentregime und die strukturellen Leitlinien mit denen von Zentral-Iran übereinstimmen. In der Zone treten alle mesozoischen und tertiären Ueberschiebungen auf, welche in ganz Zentraliran und Nordiran vorkommen, im Zagros aber unbekannt sind. In der Sanandaj-Sirjan-Zone fehlen jedoch - im Gegensatz zu Zentraliran - der tertiäre Vulkanismus und die tertiären Sedimente zeigen bloss geringe Verbreitung. Spät jurassische und tertiäre Granit- und Diorit-Intrusionen, unbekannt im Zagros, spielen in der Sanandaj-Sirjan-Zone und in Zentraliran eine grosse Rolle. In diesen beiden Einheiten kommen verschiedentlich metamorphe Gesteine vor. Aus der Oberkreide sind Radiolarite und Ophiolithe bekannt, die aber auf die nordwestlichen und südöstlichen Bereiche der Sanandaj-Sirjan-Zone beschränkt bleiben.

- Zentral-Iran *) als strukturelle Zone umfasst grob das dreieckförmige Gebiet, welches begrenzt wird durch den Lut-Block im E, das Alborz Gebirge im N, die Sanandaj-Sirjan-Zone im SW, Azerbaijan im NW und Sabzewar-Torbat-Gegend im NE. In dieser Zone sind tektonische Bewegungen während Mesozoikum-Tertiär nachweisbar.

- Alborz-Kette. Obschon orographisch eine Sonderstellung einnehmend, erweist es sich als schwierig, diese Zone von Zentral-Iran deutlich abzutrennen. Der eugeosynklinale Charakter ist nicht eindeutig nachweisbar.

- Der Block von Lut hat sich im Laufe der geologischen Entwicklung im wesentlichen als rigide Masse erwiesen.

- Im Südosten des Lut-Blockes folgen die East-Iranian und Mokran-Ketten.

*) Zentral-Iran im geographischen Sinne umfasst die ganze Gegend zwischen den Nord- und Südiran-Ketten.

2) F E L D A R B E I T E N

2.1) Grundlagen

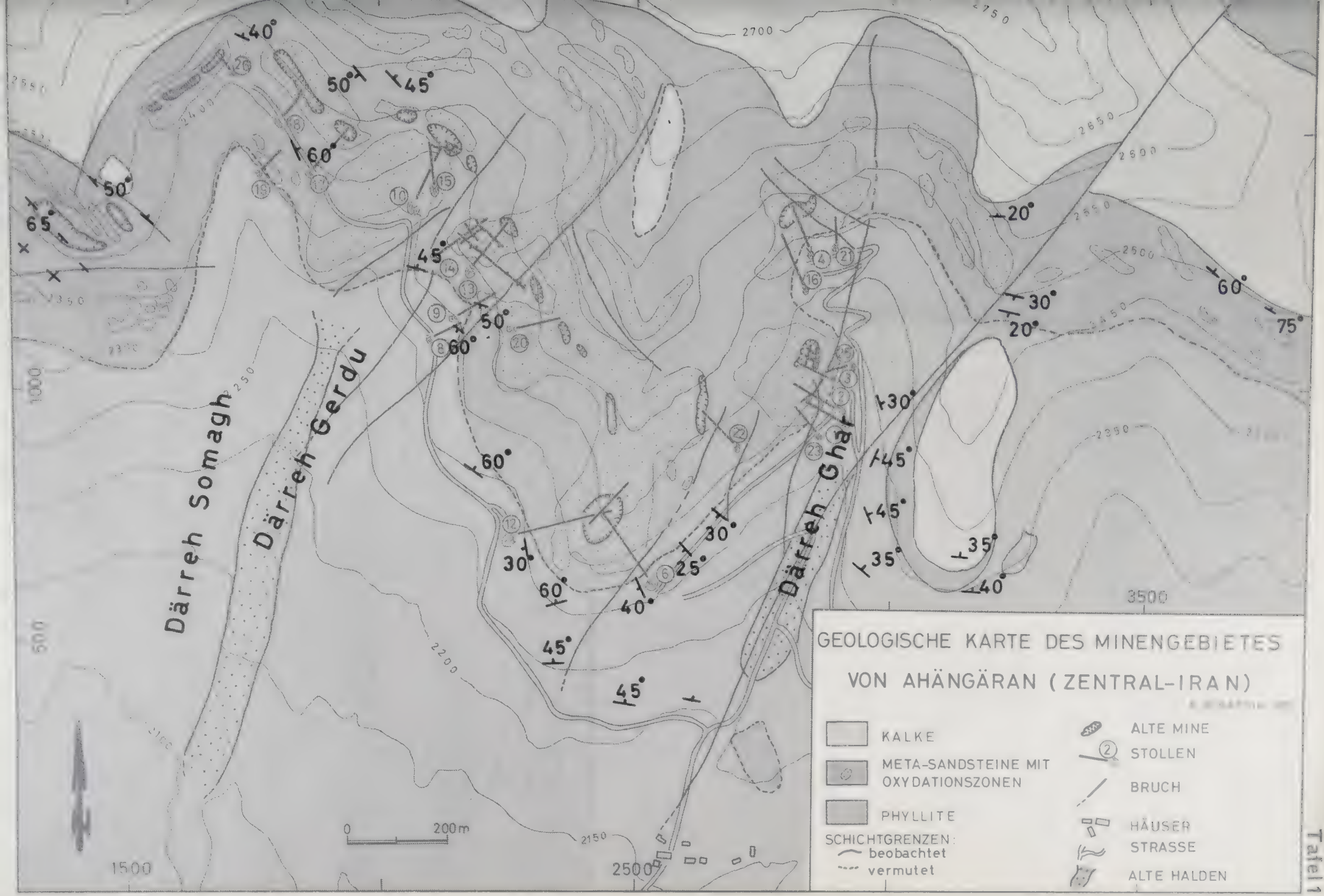
Vom Arbeitsgebiet waren bis jetzt die folgenden Karten erhältlich:

1. World 1:500'000, Blatt Hamadan (428A) Serie 1404. Edition 3-GSGS. Publiziert von D. Survey War Office and Air-Ministry 1962 (gefärbte Höhenschichten-Karte)
2. World Road Maps, Serie 13044, 1:1'000'000. Middle Eastsheet 3, U.S. Army, corps of Engineers (Army Map Service)
3. Geologische Karte von Iran 1:2'500'000. Herausgegeben von der Iranian Oil Company, 1957.

Für die im Minengebiet von Ahängäran geplanten geologischen Aufnahmen genügen die vorhandenen topographischen Aufnahmen nicht. Aus diesem Grunde wurde eine neue Karte auf aerophotogrammetrischem Wege durch das Iranian Cartographic Center hergestellt. Die Flugaufnahmen sind mit einer Wild Messkammer (Universal-Aviogon 5,6; Format 23x23 cm) gemacht worden. Der Bildmassstab der Luftaufnahmen beträgt ungefähr 1:20'000 und die Auswertung erfolgte im Massstab 1:5'000 (Aequidistanz 50 m). Das gewählte Koordinatensystem ist willkürlich: Die Koordinatenangaben für die Probenentnahmen beziehen sich auf einen 0-Punkt, der in der südwestlichen Ecke des Kartenblattes liegt (Y = 0 Meter; X = 0 Meter; H ca. 2000 m ü.M.; ausserhalb des in der vorliegenden Publikation abgebildeten Kartenausschnittes liegend). Die Koordinaten werden folgendermassen angegeben: 600/700/2500. Alle Zahlen bedeuten Meter. Erste Zahl Y-Wert (Ost-West); zweite Zahl X-Wert (Nord-Süd); dritte Zahl Höhe über Meer.

2.2) Erläuterungen der geologischen Karte

(Tafel 1: Ausschnitt der geologischen Karte in der ungekürzten Dissertation) Auf Grund der makroskopischen Merkmale sind die Gesteine in die nachfolgend beschriebenen Kartiereinheiten unterteilt worden. Diese zeigen, wie in Abschnitt 5 erwähnt, Anzeichen einer Metamorphose. Die Fig. 3 gibt einen Einblick in die räumliche Lage der Gesteine im Minengebiet von Ahängäran.


Därreh Somagh
Därreh Gerdu
Därreh Ghar
0 200m
1500
2500
3500
GEOLOGISCHE KARTE DES MINENGEBIETES
VON AHÄNGÄRAN (ZENTRAL-IRAN)
KALKE
META-SANDSTEINE MIT OXYDATIONSZONEN
PHYLLITE
SCHICHTGRENZEN:
beobachtet
vermutet
ALTE MINE
STOLLEN
BRUCH
HÄUSER
STRASSE
ALTE HALDEN

Tafel 1

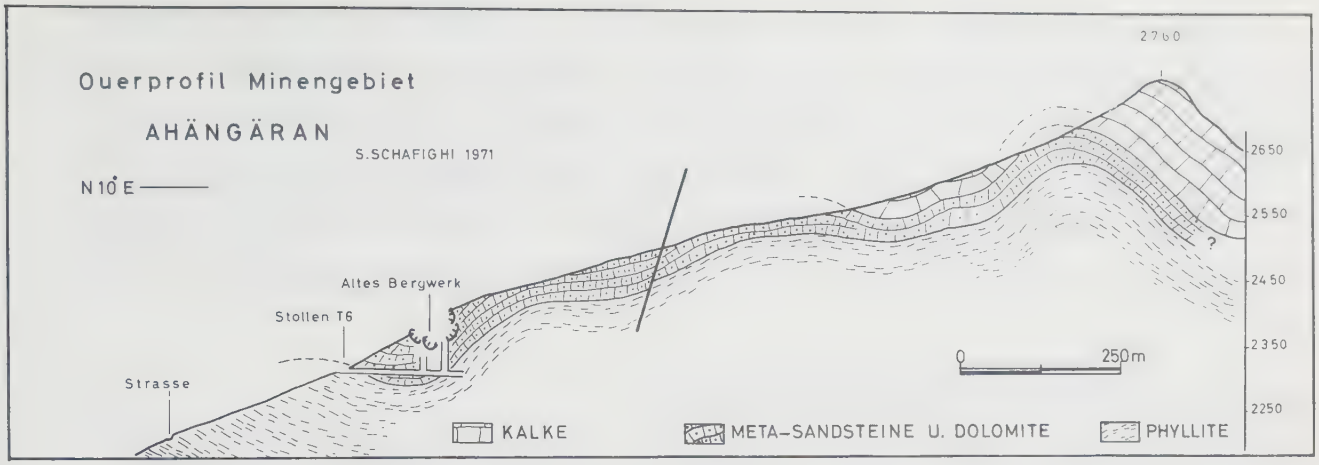


Fig. 3: Querprofil des Minengebietes von Ahängäran (Orientierung N 10° E)

2.2.1) Phyllite

Diese für mesozoisch gehaltenen Gesteine bilden zur Hauptsache die Hangpartien unterhalb der Stollen und setzen sich weiter gegen S fort. Die verschieden gefärbten Phyllite (grau, dunkelgrau, schwarz und graugrün) sind z.B. sehr ähnlich den schweizerischen Dachschiefern. Der Serizitgehalt (bis 55 %) bewirkt ein auffallendes Glänzen der S-Flächen. Darin auftretende Quarzphyllite haben bis 35 % Serizit.

2.2.2) Meta-Sandsteine (mit Oxydationszonen)

Darunter ist ein Gesteinskomplex von Metasandstein und Metadolomit zu verstehen. Die grösste Entwicklung dieses verschieden mächtigen Komplexes ist im zentralen Teil des kartierten Bereiches feststellbar. In diesem Teil sind sowohl die alten wie die neuen Stollen der Mine angelegt. Auffallend ist die oberflächliche braune Verwitterung dieser Gesteinsserie, die auf den Pyritgehalt zurückzuführen ist. Die braun verfärbten Gesteinsbereiche sind als Oxydationszonen auf der Karte besonders vermerkt (stellenweise glaskopfartige Bildungen). Die Meta-Sandsteine und die in ihnen eingelagerten Meta-Dolomite sind sowohl im Gross- wie im Kleinbereich intensiv verfaltet und stark zerklüftet sowie von Brüchen durchsetzt.

2.2.3) Kalke

Die Meta-Sandsteine werden von mächtigen, intensiv verfalteten Kreide-Kalkmassen überlagert. An der Basis sind weiche, feingeschichtete Kalke vorhanden, die gegen oben härter und grobbankiger werden. In der letzteren Ausbildung sind an der Oberfläche herausgewitterte Orbitolinen feststellbar (National Iranian Oil Company 1959). Der grobbankige, oft massige Kalk ist von Rissen

durchsetzt, die öfters von strahlig ausgebildetem Aragonit ausgefüllt sind.

Die Gesteine sind teilweise stark verwittert, was die Punkt-Signatur für Oxydationszonen andeutet. Mit Schutt überdeckte Partien sind nur auf der der ungekürzten Dissertation beigegebenen Karte ausgeschieden. Die Karte enthält auch grosse Schutthalden von früheren Abbauen. Ausgeprägte Brüche sind vermerkt. Zeichen für Streichen und Fallen sind ebenfalls eingetragen.

2.2.4) Gangartige Einschaltung im Kalk

Gegen den Grat, oberhalb Därreh Somagh, ist in 2600 m Höhe eine rund 20 m breite, gangartige Einschaltung zu beobachten (Streichen N 100° E, Fallen 85° N). Sie ist nur auf der geologischen Karte der Originalfassung eingezeichnet, da der Aufschluss nördlich des in Tafel 1 dargestellten Kartenausschnittes liegt. Das Gestein hat fleckiges Aussehen. Es besteht im Wesentlichen aus Kalk mit unregelmässig verteilten, diabasartigen (spilitischen) Einschlüssen. Bei dieser Einschaltung dürfte es sich um eine vulkanische Manifestation handeln, wie sie zum Beispiel für die mittlere Kreide und das Frühtertiär schon erwähnt wurde (THIELE et al. 1968).

2.3) Makroskopische Beschreibung der Erzvorkommen

2.3.1) Beobachtungen an der Oberfläche

Im Untersuchungsgebiet weisen die Erzausbisse meist eine dunkelbraune Verwitterungs-Kruste auf (herrührend von vielfach limonitisiertem Pyrit).
Der Metasandstein enthält oft idiomorph ausgebildete Pyrite.

2.3.2) Beobachtungen in den Stollen

In den Stollen sind in abnehmender Häufigkeit folgende Erze festgestellt worden: Bleiglanz - limonitische Bildungen - Kupfererze - Pyrit und sekundäre Mineralbildungen.

Der Bleiglanz bildet Erzlinsen und zwar vorwiegend in Sandsteinen (mit variablem Kalzitgehalt) oder ist im Gestein unregelmässig verteilt, wobei das im Gestein eingestreute Erz 5 - 20 cm messende Bereiche einnimmt. Gesteinsbereiche mit derart verteiltem Bleiglanz werden als punktförmige Vererzung bezeichnet. Erzlinsen können verschiedene Grössen aufweisen (meist bis einige m^3, aber auch bis kubikdekameter und mehr). Die eigentliche Erzlinse wird, wie in Fig. 4 veranschaulicht, von punktförmigem Erz in wechselndem Ausmass begleitet. Erzlinse und begleitendes Gestein mit punktförmiger Vererzung bezeichne ich als

Erztasche. Neben eigentlichen taschenförmigen Körpern gibt es auch solche, die davon abweichende Form zeigen. Die bedeutenden Abbaue erfolgten bis jetzt in solchen vielfach mehrere hundert bis tausend m^3 messenden Erz-Taschen, mit einer Grosszahl von Erzlinsen. Gelegentlich tritt Bleiglanz als fadenförmige Infiltration im Sandstein auf. Ferner kann Bleiglanz in Baryt- sowie Quarz-Gängen und Linsen beobachtet werden.

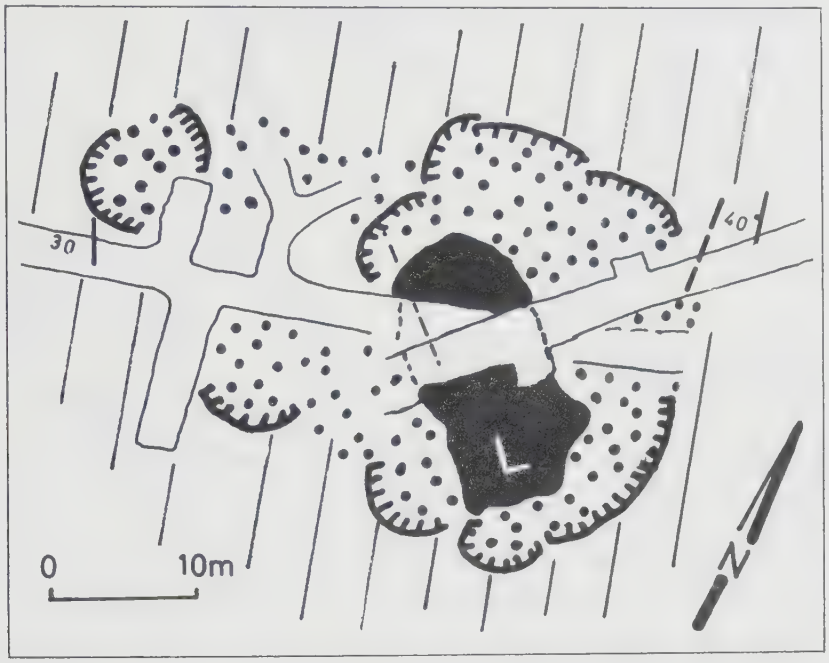


Fig. 4: Beispiel einer Erztasche (Mine T6-T12) mit Erzlinse (L) und begleitender, punktförmiger Vererzung (punktiert). Die Erztasche liegt in einer Mulde des kalkführenden Sandsteins (Strichsignatur). Die neu angelegten Stollen führten in den Bereich alter Bergwerkanlagen. Das Gebiet alter Abbaue mit Stollen und Kavernensystem ist durch punktförmige Signatur angedeutet und mittels bogenförmiger Strichsignatur abgegrenzt. In der Figur sind Teile neuer Schürfstollen der Minen T12 (links) und T6 (rechts) eingetragen. Diese Schürfstollen haben die Erztasche des alten Abbaues mit Erzlinse (L) durchfahren. Durch Schürfstollen ist zudem eine punktförmige Vererzung zwischen den beiden alten Abbauen neu erschlossen worden.

2.3.2.1) Bleiglanz in Taschen

Der Bleiglanz tritt hier einerseits zusammen mit Quarz und anderseits rein auf. Grob und feinkörnige Gemenge von Bleiglanz (cm - mm grosse Körner) können beobachtet werden, wobei der letztere öfters von Pyrit begleitet wird. Die Grenzen zum Nebengestein sind nicht scharf und die grossen Erztaschen erscheinen immer an tektonische Störzonen gebunden, wie grössere Einfaltungen und Brüche. Alle alten Abbaue *) sind in solchen Bruchzonen angelegt und liegen

*) In alten Abbaustrecken sind während der Aufnahmearbeiten verschiedene Gegenstände, wie verzierte Tonkrüge, Eisenstange, Oellampe, gefunden worden. Diese wurden dem Seminar für Urgeschichte der Universität Bern zur weiteren Untersuchung übergeben.

stets in grösseren Bleiglanztaschen. Alte Abbaue zeichnen sich durch enge, unregelmässig und gewunden verlaufende Stollen aus, die eine Erztasche in verschiedener Richtung durchhörtert haben, wobei das Erz weitgehend ausgeräumt worden ist. Während meiner Tätigkeit vorgetriebene Schürfstollen haben vielfach alte Stollensysteme mit Kavernen wechselnder Grösse durchfahren.

2.3.2.2) Bleiglanz in Barytgängen und -Linsen

Barytgänge und -Linsen sind in verschiedenen Stollen und seltener auch an der Oberfläche vorhanden. Der Bleiglanz tritt punktförmig in grobkörniger Ausbildung im Baryt auf. Es konnte nirgends ein Zusammenhang zwischen den Barytgängen und -Linsen einerseits und den Bleiglanz-Taschen anderseits festgestellt werden.

2.3.2.3) Bleiglanz in Quarzgängen und -Linsen

Quarzgänge (meist um dm dick) können sowohl an der Oberfläche wie in den Stollen beobachtet werden. Oefters liegen sie konkordant zur allgemeinen Lagerung des Nebengesteins. An der Oberfläche sind kaum vererzte Quarzgänge feststellbar, während in den Stollen hie und da isolierte Erzkörner in den Quarzgängen und -Linsen vorkommen. Ein Zusammenhang der Bleiglanz-Quarzgänge mit den grossen Erztaschen konnte auch hier nicht festgestellt werden.

2.3.2.4) Limonitische Bildungen

Diese durchsetzen Gesteine verschiedenster Ausbildung in Form von Infiltrationen (siehe Tafel 4, Abb. 2 und 3).

2.3.2.5) Kupfer-Erze

Kupfererze konnten nur in stark verwitterten und in limonitischen Gesteinen beobachtet werden, so zum Beispiel in T12, T6 und T20. Die Kupfererze kommen öfters in Begleitung von Pyrit vor. Es handelt sich um Kupferkies und gediegen Kupfer (s.u. 3.1.2.5 und 3.1.2.6). In T12 konnten einige Stücke von gediegenem Kupfer gesammelt werden (ca. 20 cm lang und 3-4 cm breit).

2.3.2.6) Pyrit

Der Pyrit als Begleitmineral des Bleiglanzes tritt im Gegensatz zu den in den Gesteinen verteilten Kristallen in Anhäufungen und meist xenomorph auf.

GRUBENPLÄNE

Minen : T1, T2, T3, T22, T23, T25

0 10 20 30 40 50m

Vererzung Linsenförmig Punktförmig

Alte Anlagen

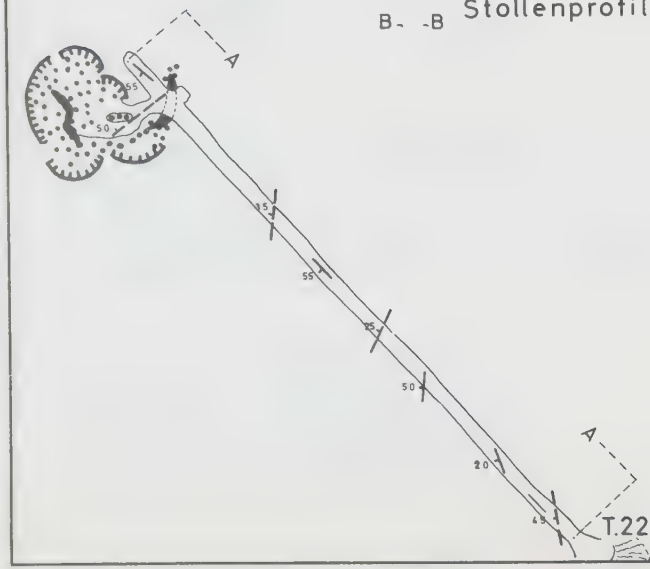
Bruche Klüfte (z.T. mit Fallwerten)

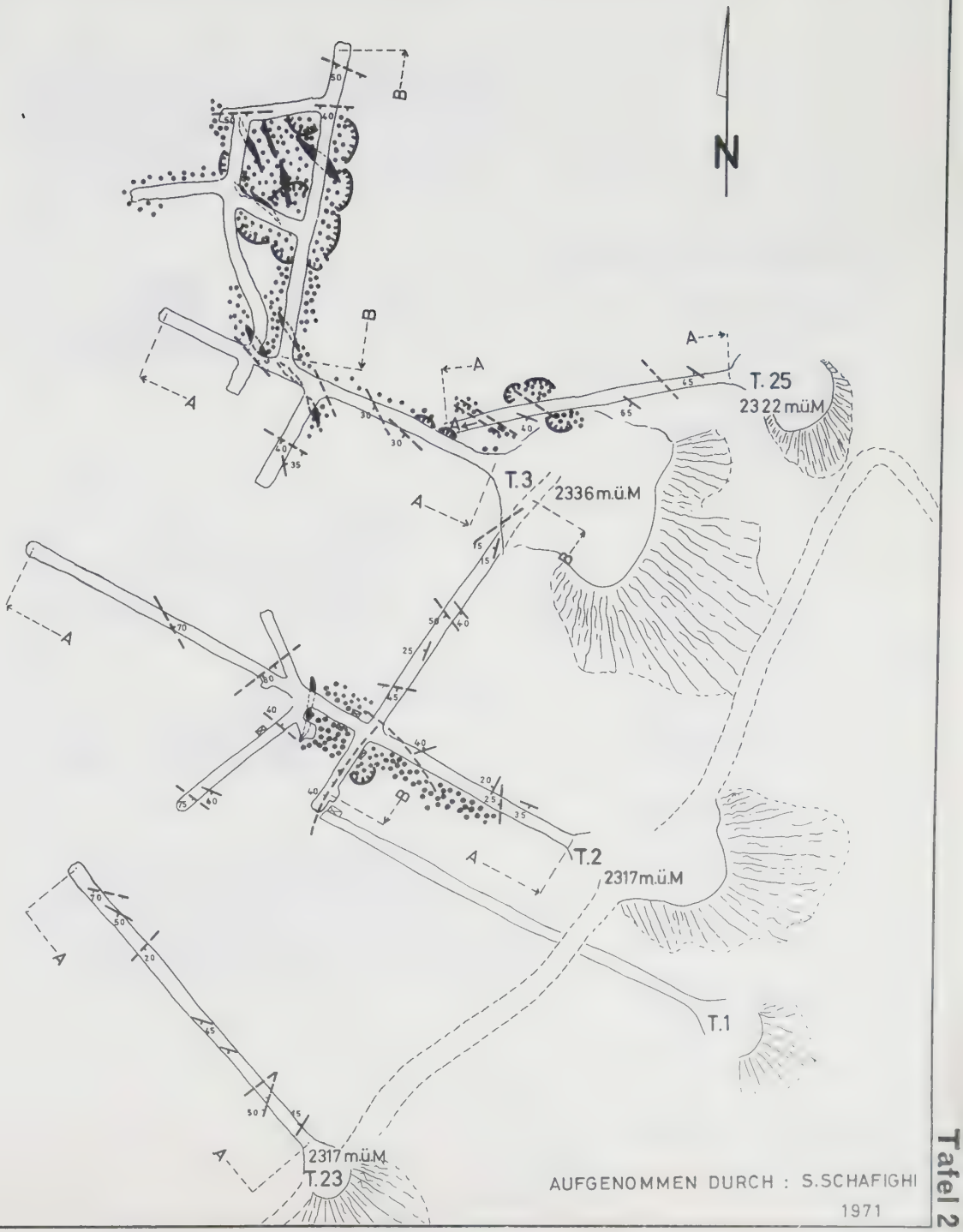
25 Streichen, Fallen von Gesteinsschichten

Stollen-Mundloch mit Halde.

Aufbruch

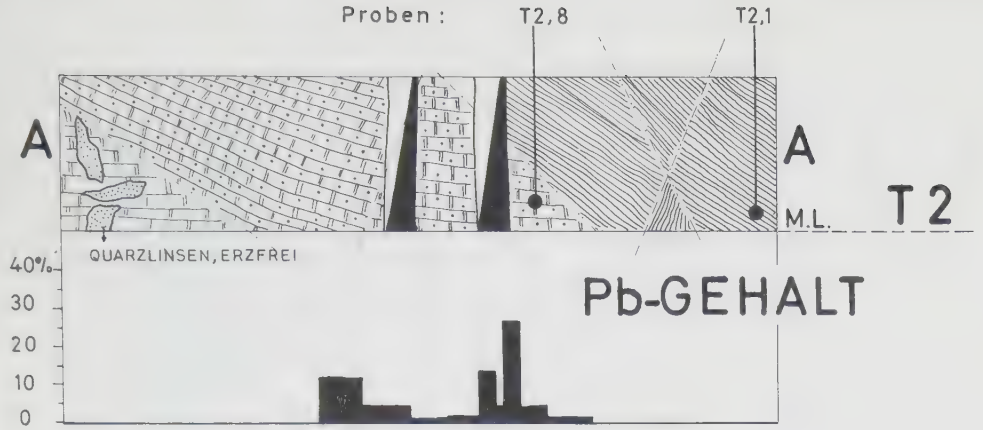
A- -A
B- -B Stollenprofile

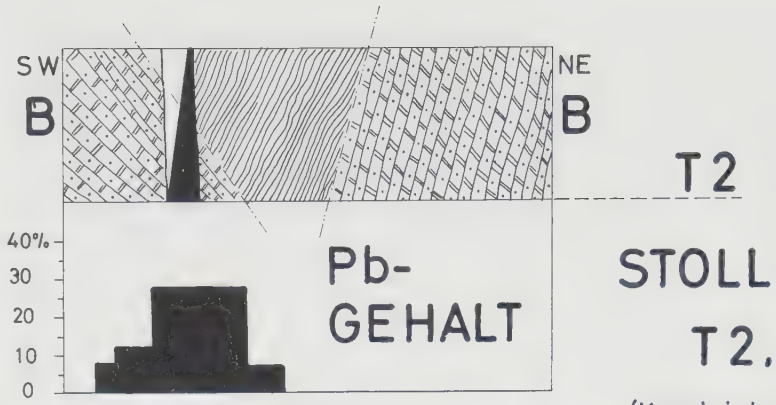




AUFGENOMMEN DURCH : S.SCHAFIGHI
1971

Tafel 2

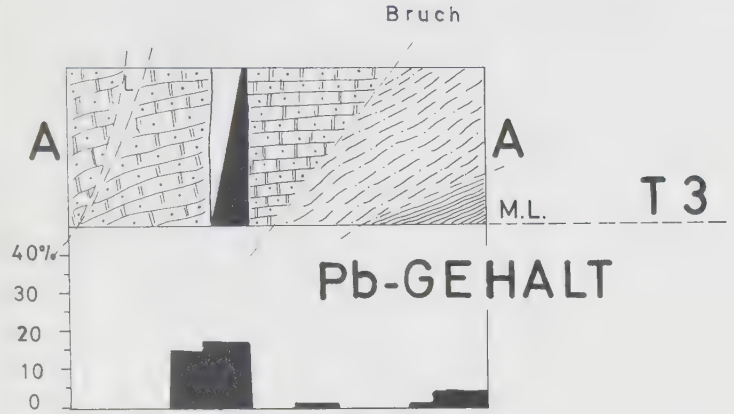


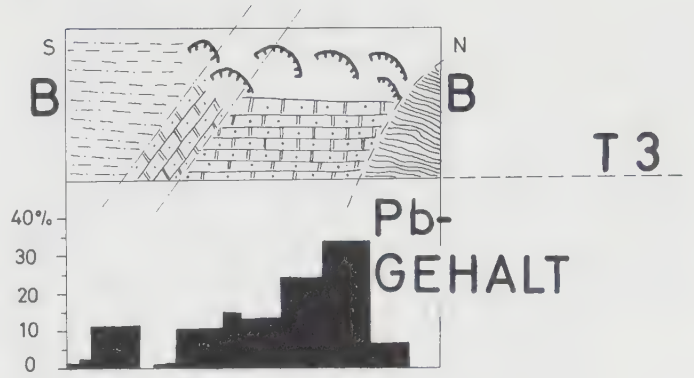


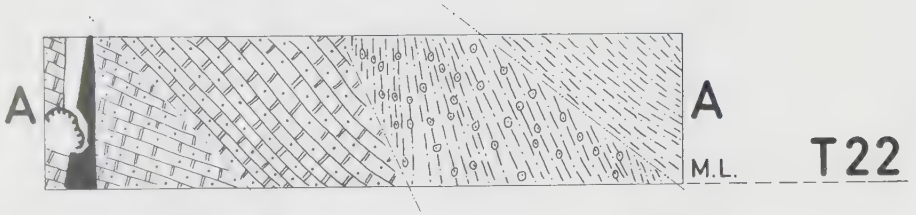
STOLLENPROFILE T 2,3,22,23,25

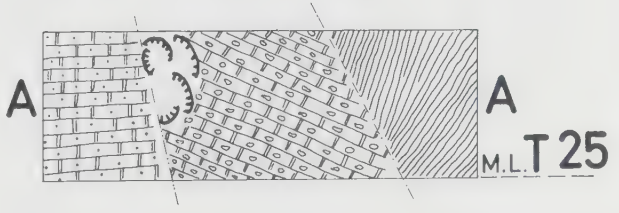
(Vergleiche mit Grubenplänen)

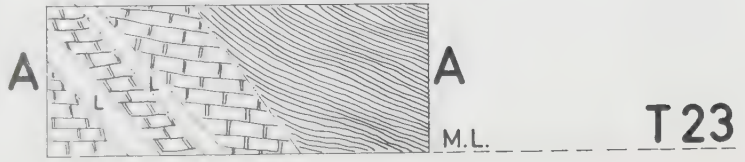
0 10 20m











LEGENDE

- PHYLLITE
- KARBONATGESTEINE ±QUARZFÜHREND=KG
- KG, LIMONITISIERT
- KALKFÜHRENDESAND-STEINE = KS
- KS, PARTIELL LIMONITISIERT
- KS, VOLLSTÄNDIG LIMONITISIERT
- SANDSTEINE = SS
- SS, LIMONITISIERT
- VOLLSTÄNDIG LIMONITISIERTE GESTEINE (AUSGANGSMATERIAL?)

L LETTEN-ZONE

M.L. STOLLENMUNDLOCH

STOLLEN KREUZUNG

S.SCHAFIGHI

Tafel 3

2.3.2.7) Sekundäre Erzmineralien

Malachit ist in den Stollen häufig, an der Oberfläche etwas seltener. Gut ausgebildete Kristalle (säulig-strahlig, büschelig) sind gebunden an Hohlräume stark limonitisierter Gesteine (vor allem in T12). Zudem tritt untergeordnet Azurit auf.

2.4) Geologische Beobachtungen in den Stollenanlagen (Tafeln 2 und 3)

Auf der geologischen Karte (Tafel 1) sind die verschiedenen, zum Teil verzweigten Stollen des Minengebietes von Ahängäran eingezeichnet. Als Mine wird das jeweils bei einem Stollenmundloch beginnende Stollensystem bezeichnet (Mine T1, T2, usw.). Im Verlaufe der lagerstättenkundlichen Untersuchungen des ganzen Minengebietes sind nicht nur geologische Aufnahmen an der Oberfläche, sondern auch in den Stollensystemen der Minen vorgenommen worden. Die Resultate dieser Beobachtungen finden sich in der Originalarbeit auf Grubenplänen und Stollenprofilen. In letzteren sind zudem die ermittelten Bleigehalte der wechselnd vererzten Gesteine eingetragen worden. Nachfolgend seien die geologischen Verhältnisse anhand ausgewählter Grubenpläne und Profile für die Minen T1*), T2, T3, T22, T23 und T25 erläutert. Während meiner Tätigkeit sind die Stollen und Aufbrüche der Minen T15 - T26 vorgetrieben worden. Zudem mussten die Minen T1 - T14 der vorangegangenen Abbauperiode für die Fortsetzung des Abbaues wieder in Stand gestellt werden. Von mir vermessen und geologisch aufgenommen wurden die Minen T1 - T26.

Mine T2 : A - A Profil (Tafeln 2 und 3) **)

m 0 - 25 Graugrüne, stark tektonisch überprägte und gefältelte Phyllite. Bei m 11 = Bruch. Beobachtete Brüche und wichtige Klüfte sind aus den Tafeln ersichtlich, ebenso die jeweilige Orientierung der Gesteinsschichten.

m 25 - 69 Heller Sandstein, hart und kalkführend, in wechselndem Masse vererzt (siehe Pb-Gehalt unter Profil). Bei m 37 und m 50 Stollenkreuzung.

ab m 69 Karbonatgestein, heller als der vorangehende, kalkführende Sand-

*) T1: In diesem SE-NW-laufenden Stollen sind vor dem später erfolgten Einsturz keine Vererzungen gefunden worden.

**) Die Legende zu Tafel 3 enthält alle in den sämtlichen Stollen-Profilen verwendeten Gesteinsbezeichnungen. KS partiell limonitisiert, KS vollständig limonitisiert und vollständig limonitisierte Gesteine (Ausgangsmaterial?) kommen in den auf Tafel 3 gezeichneten Stollen nicht vor. Die Stollenprofile sind überhöht gezeichnet bei richtiger Fallrichtung. An einzelnen Stollen werden mit Bogensignatur schematisch alte Baue angedeutet und zwar überall da, wo der Schürfstollen in solche, über den Stollen hinausreichende, Abbaubezirke vordrang.

stein. Das ausgeprägt lagige Gestein enthält viele, aber erzfreie Quarzlinsen. Die im Stollenprofil schematisch gezeichneten Quarzlinsen messen in der Längsachse um 25 cm und sind erzfrei.
Die gefundenen Bleigehalte sind histogrammartig unter dem Stollenprofil aufgetragen. Der Maximalwert von 26.5 % Pb ist an kalkführenden Sandstein, in Bruchnähe, gebunden.

Im A-A-Stollenprofil der Mine T2 sind mit T2,1 und T2,8 die Entnahmestellen von Gesteinsproben vermerkt.

Mine T2 : B - B Profil (Tafeln 2, 3 und Fig. 5)

Von der ersten Kreuzung (A-A Profil) wurde zuerst nach links (SW) und später nach rechts (NE) ein Querstollen vorgetrieben. Im rechten Teil ist am Anfang ein Erzkörper vorhanden, der bald darauf im First verschwindet. Eine pyritisierte Zone (mit wechselnder Kupfervererzung) liess vermuten, dass der Erzkörper schräg nach oben in Richtung des vorgetriebenen Querstollens verläuft (NE). Ein später angesetzter Schräggang (SG) bestätigte die Richtigkeit dieser Vermutung. Im linken Teil (SW) konnte mit Hilfe eines Aufbruches (A1) die südwestliche Fortsetzung des Erzkörpers gefunden werden. Die verschiedenen Aufbrüche (A1 - A6) der Stollen T2, T3 und T25 führten zu einer Vorstellung der Form des Erzkörpers, wie sie in Fig. 5 dargestellt ist.

Fig. 5: Aufgrund von Stollen-Aufschlüssen in den Minen T2, T3 und T25 konstruierbare Form des Erzkörpers (auf eine NE-SW orientierte Ebene projiziert). Punktiert = Erzkörper, Wellenlinie = Nebengestein (kalkführender Sandstein), A1-A6 = Aufbrüche, SG = Schräggang. Der Sondierstollen, welcher von T25 gegen N läuft, ist erst nach erfolgter Aufnahme vorgetrieben und im Grubenplan (Tafel 2) nicht eingezeichnet worden.

Mine T3 : A - A Profil (Tafeln 2 und 3)

m 0 - 16 Vom Mundloch bis m 16 ist an der Sohle Phyllit und im First erzführender, heller Sandstein zu beobachten.

m 16 - 53 Bei m 16 verschwindet der Phyllit und von hier bis m 53 (Ende Stollen) steht kalkführender Sandstein an. Bei m 33 Kreuzung mit Schürfstollen. Zwei ausgeprägte Brüche sind bei m 28 und m 53 zu beobachten.

Mine T3 : B - B Profil (Tafeln 2 und 3)

Der in der Nordrichtung vorgetriebene Nebenstollen führt bei m 16 in ein altes Werk. Der ab Stollenkreuzung (m 0) vorkommende Phyllit verschwindet bei m 10 (Bruch) und ab m 10 bis m 41 ist eine Serie von kalkführendem Sandstein zu beobachten, der sehr stark zerklüftet ist. Zudem sind zwei Brüche bei m 36 und m 41 vermerkt. Ab m 41 kommt ein harter, heller Sandstein zum Vorschein. Durch diesen Nebenstollen und durch viele Schürfstollen, z.T. auch Aufbrüche, konnte ein grosses Erzvorkommen nachgewiesen werden.

Mine T22 : A - A Profil (Tafeln 2 und 3)

Oberhalb von T2 ist von alter Bergwerktätigkeit eine erzhaltige Halde vorhanden (auf Tafel 1 nicht dargestellt). Um die alte Anlage zu erreichen, wurde T22 vorgetrieben.

m 0 - 38 An der Sohle harter, lagiger Sandstein, der sehr stark limonitisiert ist. Bei m 38 deutliche Bruchbildung.

m 38 - 80 Kompakter, kalkführender Sandstein, durch Bruch unterteilt.

Der Nebenstollen nach SW führte in ein altes Werk mit guter Erz-Reserve. Kurz vor dem Stollenende T22 ist bei einem Stollenvortrieb nach SW der alte Abbau angefahren worden. Aufgrund der an der Oberfläche und unter Tage gemachten Beobachtungen wurde versucht, in Tafel 2 das Ausmass des alten Abbaues durch Bogensignatur anzudeuten. An der Oberfläche gibt sich der alte Abbau bloss durch einzelne Stolleneingänge in dem braun anwitternden Fels (Oxydationszone) zu erkennen.

Mine T23 (Tafeln 2 und 3)

Zur Abklärung, ob sich der Erzkörper der Mine T2 (Fig. 5) gegen SW fortsetzt, wurde der Stollen T23 eingesetzt. In diesem Stollen konnte keine Vererzung festgestellt werden.

Mine T25 (Tafeln 2 und 3)

Dieser Stollen wurde vorgetrieben um festzustellen, ob sich das Erzvorkom-

men der Mine T3 nach unten fortsetzt. Tatsächlich wurde eine reiche Erzzone angeschnitten, die vermutlich in Verbindung steht mit den Vererzungen in T3 und T2 (siehe Fig. 5).

3) LABORUNTERSUCHUNGEN

3.1) Mikroskopische Untersuchungen

3.1.1) Untersuchungen im durchfallenden Licht

Nachfolgend werden die unter 2.2 erwähnten Gesteinsgruppen anhand von Dünnschliffen kurz beschrieben und weiter unterteilt. Alle Gesteine sind in wechselndem Masse metamorph überprägt, wie dies anhand von Bildmaterial veranschaulicht wird und aus der Namengebung hervorgeht. Die Metamorphosebedingungen, insbesondere der phyllitischen Gesteinsserie, sind nicht im Detail untersucht worden (siehe auch Abschnitt 5).

3.1.1.1) Phyllitische Gesteine

Die Phyllite sind feinkörnige, dünnschiefrige Gesteine mit wechselndem Gehalt an blätterigen Mineralien. Drei Haupttypen können unterschieden werden:

Phyllite

Hauptgemengteile: Quarz, Serizit, Muskowit

Nebengemengteile: Biotit, Chlorit, Zirkon

Durchschnittlicher Modalbestand*): Quarz 45 %

Serizit (Biotit) 55 %

Die gleichkörnigen, gut gerundeten Quarzkörner liegen in einer Matrix, die vorwiegend aus Serizit besteht. Dieser ist lagig angeordnet. Der gelegentlich vorkommende schmutzig-gelbbraune Biotit tritt häufig in Vergesellschaftung mitChlorit auf. Zirkon ist in gut gerundeten Körnern selten vorhanden.

Quarz-Phyllite

Hauptgemengteile: Quarz, Serizit

Nebengemengteile: Kalzit, Muskowit, Zirkon

Durchschnittlicher Modalbestand: Quarz 65 %

Serizit (Kalzit) 35 %

Der gleichkörnige Quarz ist gut gerundet. Mehr eckige Komponenten kommen allerdings auch vor. Die Grundmasse besteht aus einem feinfilzigen Gewebe aus Serizit, wobei die einzelnen Kristalle nicht orientiert sind. Grössere, meist eckig ausgebildete Kalzitkristalle kommen häufig vor.

*) Die Werte resultieren von Beobachtungen an mehreren Schliffen.

Kalk - Phyllite

Hauptgemengteile: Kalzit, Quarz, Serizit

Nebengemengteile: Zirkon

Durchschnittlicher Modalbestand: Kalzit 80 %
Serizit 15 %
Quarz 5 %

Die Hauptmasse des Gesteins besteht aus gerundeten Kalzitkörnern. Darin sind regelmässig verteilt grössere, gerundete Quarz-Kristalle vorhanden. Der Serizit ist sehr feinschuppig zwischen den gerundeten Kalzitkörnern verteilt. Die Struktur unter dem Mikroskop ist gleichkörnig.

Als besondere Erscheinung in den Phylliten sind häufig Blastesen von Quarz und Kalzit feststellbar (siehe Tafel 4, Abb. 4).

3.1.1.2) Meta-Sandsteine

Hauptgemengteile: Quarz, Kalzit (variabel), Serizit

Nebengemengteile: Plagioklas (variabel), Zirkon, Orthit, Limonitische Bildungen

Durchschnittlicher Modalbestand: Quarz (inkl. Kalzit) 75 %
Serizit und Nebengemengteile 25 %

Das Gestein ist im Handstückbereich massig, richtungslos. Die gerundeten Quarzkörner liegen in einem feinkörnigen, serizitischen Bindemittel, das stellenweise sehr stark von limonitischen Bildungen durchsetzt ist. Nebengemengteile wie Zirkon und Orthit sind sehr selten.

In den in der Karte ausgeschiedenen Meta-Sandsteinen sind untergeordnet auch Meta-Dolomite vorhanden, die zum grossen Teil aus quarzführenden Dolomiten bestehen. Mittels Diffraktometer-Aufnahmen konnte Dolomitspat nachgewiesen werden. Sowohl den Meta-Sandsteinen wie den eigelagerten Meta-Dolomiten ist die Blastese von Quarz bzw. Kalzit gemeinsam. Die Neubildung kann stellenweise soweit gehen, dass die Meta-Sandsteine quarzitische Teilbereiche aufweisen (Tafel 4, Abb. 1).

Diese Sandsteine und Dolomite sind, ungeachtet ihrer Zusammensetzung, verschieden stark limonitisch durchsetzt, und zwar stets ausgehend von Spaltrissen (Tafel 4, Abb. 2 und 3).

Bemerkenswert sind Neubildungen von Quarz am Rande idiomorph ausgebildeter Magnetite. Der Quarz ist stengelig ausgebildet und die Stengelachsen stehen senkrecht zu den Kristalloberflächen der Magnetite.

3.1.1.3) Kalke

Unter dem Mikroskop erweisen sich die untersuchten Proben der Kreidekalke ausschliesslich als feinkörnig und rein. Deutlich ist eine Sammelkristallisation des Kalzites beobachtbar, die das Gestein nicht regelmässig erfasst. Punktförmige Blastese ist am häufigsten, daneben kommen Adern und Gänge von neugebildetem Kalzit vor.

3.1.1.4) Metamorphose

Die Mineralien Plagioklas, Biotit, Chlorit, Karbonate und Quarz (z.T.) können als Neubildung der Metamorphose aufgefasst werden. Die Einstufung der Metamorphose in die Grünschieferfazies gilt als sehr wahrscheinlich.

3.1.2) Untersuchungen im auffallenden Licht

Mit Hilfe der Untersuchungen im auffallenden Licht konnten die folgenden Erz-Mineralien indentifiziert werden:
Bleiglanz (PbS), Pyrit (FeS_2), Kupferkies ($CuFeS_2$). Bei dem Silberträger im Bleiglanz dürfte es sich vermutlich um Silberglanz, Ag_2S, handeln. Ferner sind die Mineralien Anglesit ($PbSO_4$) und Cerussit ($PbCO_3$) nachgewiesen worden. In der nachfolgenden Tabelle sind die an Erzmineralien gemessenen Daten aufgeführt.

Tabelle R.V.-Werte: Spezielle Untersuchungen an Erz-Mineralien

Erzmineral	Normales Licht	Polarisiert. Licht	R.V.rot	R.V.grün	Vickers-Härte
PbS (Bleiglanz)	rein weiss	isotrop-leicht anisotrop	35-42	38-44	87-130
$CuFeS_2$ (Kupferkies)	deutlich gelb	schwach anisotrop	39-42	31-41 ½	200-205
FeS_2 (Pyrit)	hellgelb	isotrop selten sehr schwach anisotrop	44-52 ½	47-54	1100-1300

3.1.2.1) Bleiglanz (PbS)

Die makroskopisch unterscheidbaren Vorkommen von Bleiglanz weisen unter dem Mikroskop verschiedene Eigenschaften auf. Der grobkörnige Bleiglanz aus den Erzlinsen ist durchwegs intensiv verfaltet (Tafel 5, Abb. 1,2,3). Die Anätzung mit Fackertz Aetzmittel (RAMDOHR 1960, S. 245) zeigt deutlich den Zonarbaudieses Bleiglanzes (Tafel 5, Abb. 4). Zudem treten im Bleiglanz bis knapp 0,04 mm grosse Körner mit hohem RV-Wert auf (Tafel 6,

Abb. 1 und 2), die wegen ihrer Kleinheit unter dem Erzmikroskop nicht weiter untersucht werden konnten.

Bleiglanz in Form von Infiltrationen kommt ausschliesslich in der Serie der Meta-Sandsteine, in zackig, verzahnter Form vor. Begleitmineral ist vorwiegend Pyrit, seltener Kupferkies. Der Bleiglanz verdrängt neben den obgenannten Erzmineralien auch den Quarz. Im Bleiglanz (Tafel 6, Abb. 3) sind die dreieckigen Spaltausbrüche sehr gut ersichtlich.
Grobkörniger Bleiglanz, isoliert in Baryt- und Quarzgängen, ist rein und weich, so dass bei Anschliffen die Spaltbarkeit nach (100) schon von blossem Auge erkennbar ist (Tafel 6, Abb. 4). Struktur-Entwicklungen sind beim Aetzen keine feststellbar.

3.1.2.2) Anglesit ($PbSO_4$)
An einigen der untersuchten Proben konnte Angesit als sekundäres Blei-Mineral festgestellt werden. Der Anglesit, der sich zum Teil schwer vom Bleiglanz abhebt, entwickelte sich entlang von Spaltrissen im Bleiglanz (Tafel 7, Abb. 1).

3.1.2.3) Cerussit ($PbCO_3$)
Cerussit konnte nur in einem einzigen Anschliff beobachtet werden (Tafel 7, Abb. 2).

3.1.2.4) Pyrit (FeS_2)
Pyrit tritt besonders in Sandsteinen als Begleiter des Bleiglanzes auf. Er ist öfters idiomorph ausgebildet und durch die grössere Härte gegenüber dem Bleiglanz entsteht beim Anschleifen ein Relief, das an den Schatten um die Pyritkörner erkennbar ist (Tafel 7, Abb. 3). Der Pyrit wird teilweise von Quarz und später auch von Bleiglanz verdrängt. Durch Aetzung (HNO_3 1:1) entsteht eine gute Gel-Struktur (Tafel 7, Abb. 4).

3.1.2.5) Kupferkies ($CuFeS_2$)
Kupferkies kommt in den untersuchten Proben selten vor.

3.1.2.6) Gediegen Kupfer (Cu)
Wie unter 2.3.2.5 bereits erwähnt wurde, tritt in der Mine T12 gediegen Kupfer auf. Neben Cu konnten mit der Elektronenmikrosonde keine weiteren Elemente nachgewiesen werden.

3.2) Chemische Analysen

Zur Abschätzung des Erzgehaltes wurden Proben aus den Stollen und alten Halden entnommen und analysiert.

Zudem sind Spurengehalte in reinem Bleiglanz mittels Atomabsorption ermittelt worden.

3.2.1) Analysen von Stollenproben

Vor Beginn meiner Prospektionsarbeiten war der Betrieb der Minen von Ahängäran für einige Jahre eingestellt. Vor Wiederaufnahme der Arbeiten wurden zuerst in den noch begehbaren Stollen nach verschiedenen Methoden Schlitzproben entnommen. Das entlang über 3-4 m Stollen gewonnene Material (rund 20 kg) wurde gemischt und rund 2 kg davon im Labor der Gesellschaft analysiert. In der Mine T15 sind durch diese orientierenden Analysen Pb-Gehalte zwischen 0 und maximal 13,1 % gefunden worden. In der Mine T14 sind im Zugangsstollen vor der Bleivererzung in dolomitisch-quarzitischem Gestein merkliche Gehalte an andern Metallen gefunden worden, die für Zn bis 2,3 %, für Cu bis 0,5 % gehen. Mit der Elektronenmikrosonde gelang es bloss Zn qualitativ nachzuweisen. Vermutlich ist Zn im Karbonat diffus und fein verteilt. Dies dürfte auch für das Cu zutreffen, möglicherweise in Form von feinverteiltem Kupferkies vorliegend.

Die nachstehende Tabelle gibt die Resultate der mittels Atomabsorption (AA) im reinen Bleiglanz gefundenen Spurengehalte.

Tabelle A A - Daten

Alle Gehaltsangaben in ppm

Probe Nr.	Mine	Ag	Zn	Co
1	T2, A4	1050	30	war in
2	T2, A4	950	30	keiner
3	T3, A2	1850	20	Probe
4	T3, A2	1780	20	nachweisbar
5	T3,	2080	30	
6	T3	2000	20	
7	T15	3100	20	
8	T15	2800	30	
9	T13	1460	100	
10	T13	1560	100	
11	T6	3600	--	
12	T6	3160	--	

Ausgehend von all diesen Befunden ist mit den Instandstellungsarbeiten und dem

Vortrieb erzhöffiger Stollen begonnen worden. Der Pb-Gehalt in den Minen von Ahängäran wird illustriert durch die graphische Darstellung in Tafel 3 (Stollenprofile T2 und T3). Der grösste Blei-Gehalt von 43 Gew.% wurde in Stollen T13 in einer Durchschnittsprobe festgestellt (repräsentativ für den Stollenabschnitt zwischen Meter 32 und 37).

3.2.2) Analysen von Proben aus alten Halden

Es wurde vermutet, dass die Erzführung der alten Halden einen Abbau lohnen würde. Um dies zu prüfen, sind in den Halden, wie zum Beispiel im Därreh-Gerdu (Gerdu-Tal) und im Därreh-Ghar (Ghar-Tal) an verschiedenen Stellen Proben bis in eine Tiefe von 4 Metern entnommen und je ein repräsentativer Teil davon analysiert worden. Die untersuchten Proben weisen zum Teil hohe Bleigehalte, bis zu 12 Gew.% Pb, auf. Die Entnahmestellen der Proben sind in einer Beilage der Originalfassung eingetragen und die gefundenen Werte in der nachstehenden Tabelle enthalten. Die Haldenproben sind hinsichtlich Zinkträger nicht untersucht worden.

Tabelle: Analysendaten der Halde vom Därreh-Gerdu (Gerdu-Tal)

Proben-Nummer	%Pb	%Zn	%Cu	Proben-Nummer	%Pb	%Zn	%Cu
1	6.8	-	-	32	4.6	-	0.23
2	7.7	-	-	33	6.2	-	-
3	4.2	-	-	34	4.8	-	-
4	12.0	-	0.6	35	4.2	0.55	0.30
4a	6.8	-	-	36	6.2	-	0.12
5	7.6	-	0.4	37	3.7	-	0.30
5a	5.1	-	0.6	37a	5.3	-	-
6	4.5	-	0.5	38	5.3	-	-
7	5.0	-	-	39	5.3	-	-
8	5.5	-	-	40	6.3	-	-
9	5.0	-	-	41	6.7	-	0.18
10	5.0	-	-	42	4.9	-	-
11	6.7	-	-	43	6.7	0.45	0.22
12	5.0	-	-	44	5.2	-	-
13	5.4	-	0.25	45	6.5	-	-
14	5.3	-	0.25	46	3.6	-	0.6
15	7.1	-	0.22	47	4.8	-	-
16	6.1	-	-	48	3.6	0.80	0.12
17	6.5	-	0.3	49	4.7	-	-
18	6.3	-	-	50	6.76	-	0.23
19	8.5	-	-	51	4.3	-	0.1
20	5.6	0.55	0.25	52	4.9	-	-
21	6.3	-	0.38	53	6.3	0.7	0.1
22	5.4	-	-	54	5.-	0.0	0.3
23	4.3	-	-	55	1.-	-	-
24	6.8	-	-	56	1.-	-	-
25	6.2	-	-	57	0.9	-	-
26	5.7	-	-	58	0.7	0.5	0.15
28	5.1	-	-	59	0.7	-	-
29	5.5	0.5	0.12	60	3.6	-	-
30	5.6	-	-	61	2.3	0.5	0.35
31	4.9	-	-	62	2.4	0.4	-

Proben-Nummer	%Pb	%Zn	%Cu	Proben-Nummer	%Pb	%Zn	%Cu
63	?	-	-	69	0.3	0.70	-
64	0.2	-	0.35	70	0.2	-	0.2
65	5.-	-	-	71	4.35	0.50	-
66	4.7	-	-	72	?	?	?
67	5.-	-	0.44	73	2.38	0.5	-
68	0.9	-	0.35				

4) TECHNISCHE ASPEKTE DER MINEN VON AHÄNGÄRAN

Die Verpflichtungen gegenüber meiner Gesellschaft erlauben keine Angaben über gegenwärtige Abbaumengen und Reserveschätzungen. Die Analysen der Stollenproben (Daten unter 3.2) zeigen aber interessante Bleigehalte. Zudem ergab die Untersuchung der alten Halden grössere Reserven relativ leicht gewinnbaren Erzes. Die Prospektionsarbeiten an der Oberfläche ergaben zudem, dass es möglich ist, an bestimmten Stellen Erz im Tagbau zu gewinnen. Schliesslich darf gesagt werden, dass Flotationsversuche gute Resultate lieferten.

5) ZUR GENESE DER LAGERSTÄTTE VON AHÄNGÄRAN

Die Deutung der Genese der Lagerstätte von Ahängäran hat von den bis zum gegenwärtigen Stand der geologischen Untersuchungen sicheren Beobachtungstatsachen und den im grossen Rahmen von verschiedenen Geologen erarbeiteten tektonischen Einheiten auszugehen. Wie in Abschnitt 1.2 dargelegt und aus Fig. 2 ersichtlich, gehört das Minengebiet von Ahängäran zur Zone von Sanandaj-Sirjan, die in ihren nordwestlichen und südöstlichen Bereichen Ophiolithe und Radiolarite führt. Diese fehlen im zentralen Bereich, also auch im Minengebiet von Ahängäran. Nach den bisherigen Beobachtungen (siehe Darstellung der geologischen Karte = National Iranian Oil Company 1959) zeigen die meisten Gesteine hier Anzeichen einer wechselnd starken metamorphen Ueberprägung (siehe Gesteinsbeschreibung und Namengebung in Abschnitt 3.1.1). Dies ist wohl am deutlichsten an den Phylliten erkennbar. Neben dieser Metamorphose von vorwiegend regionalem Ausmass tritt, weiter von der Mine entfernt, um Eruptivstöcke von vorwiegend granitischem bis granodioritischem Charakter, zudem ausgeprägte Kontaktmetamorphose auf. Die Form und das Ausmass solcher Eruptivstöcke gegen die Tiefe zu und vor allem in Richtung des Minengebietes von Ahängäran, sind nicht näher bekannt. Der dem Minengebiet von Ahängäran nächstgelegene Eruptivgesteinsaufschluss liegt 25 km westlich und es bleibt ohne Bohrdaten ungewiss, bis wie nahe an die Lagerstätte heran Eruptiva auftreten und bis zu welcher Tiefe unter den an der Oberfläche auftretenden Phylliten. Im Blick auf mögliche Erzzufuhr vom Eruptivkörper über Quarzgänge, wären solche zusätzliche Daten äusserst erwünscht und wichtig.

Mit Blei-Zink-Lagerstätten in Iran befasste sich BURNOL (1968); er hat auch den Versuch einer Klassifikation unternommen. Von 57 studierten Vorkommen zeigen 53 keine Beziehung zu Magmatismus oder Metamorphose und sind an sedimentäre Formationen gebunden, vorwiegend an karbonatische (Ahängäran wird in der Arbeit Burnol nicht erwähnt). Die restlichen Vorkommen scheinen in Beziehung zu stehen mit vulkano-sedimentären oder Intrusions-Vorgängen. Allgemein gilt aber, dass tektonische Vorgänge, insbesondere Zerklüftung bei der "mise en place" der verschiedenen Mineralisationen, eine wichtige Rolle gespielt haben. Es ist bekannt, dass Bewegungen in der Zeit vom obern Jura bis zur mittleren Kreide Zentral- und Ost-Iran erfassten.

Auf Blatt Golpaygan 1:250'000 (siehe THIELE, Explanatory Text of the Golpaygan Quadrangle Map, 1968) sind Blei-Zink-Vorkommen vermerkt, die in der Kreide auftreten. Die genetischen Beziehungen zu gleichaltrigen, als synsedimentär angesehenen Eisen-Mineralisationen sind unsicher. Es werden auch kleinere Vorkommen aus dem obern Teil der Mittelkreideabfolge erwähnt, die den Charakter von hydrothermalen Mineralisationen aufweisen (= Füllung offener Klüfte). Das während meiner Tätigkeit als Minengeologe untersuchte Vorkommen von Tekieh-Emärat ist ebenfalls an Kreideschichten gebunden. Es gibt hier im Wesentlichen zwei schichtgebundene Erzhorizonte. Einen unteren, mit vorherrschend Zinkerz (z.B. Zinkblende, galmeiartige Bildungen) und einen oberen, fast reinen Bleiglanzhorizont. Im allgemeinen zeigen die Erzhorizonte, wie die begleitenden, vorwiegend kalkigen und dolomitischen Nebengesteine, Verfaltungen, ähnlich wie bei Ahängäran (siehe Fig. 5).

Nachstehend seien für Ahängäran die zwei wahrscheinlichsten Bildungsmöglichkeiten diskutiert.

a. Hydrothermale Entstehung der Lagerstätte

Die wichtigen Blei-Vererzungen treten vor allem in Taschen auf. Dabei zeigt sich deutlich, dass zwischen Erztaschen und Nebengestein keine scharfen Grenzen feststellbar sind (siehe Abschnitt 2.3.2.1). In den Erzgängen bildet Quarz die Gangart. Es gibt aber auch Quarzgänge und -Adern die kein Erz führen. Lokal auftretende Barytgänge sind vorwiegend steril. In diesem Zusammenhang sei noch auf folgende Beobachtungen hingewiesen, die in der weiteren Umgebung der Mine Ahängäran gemacht werden konnten. Aus der Region Hamadan-Golpaygan sind Granitintrusionen verschiedenen Alters vorhanden. Das Alter der auf der Karte dargestellten Granite und Granodiorite wird als post-liasisch, prae-mittel-Kreide oder Früh-Tertiär angenommen. Der am nächsten bei der Mine gelegene Granitstock befindet sich rund 25 km westlich. Dieser Granit bildet in der Umgebung des Dorfes Samen meist tiefgründig verwitterte Granithügel. Der Granit zeigt keine Anzeichen einer metamorphen Überprägung. Dagegen sind die an den Granit angrenzenden Schiefer hier und an andern Orten kontaktmetamorph überprägt worden. Im Dünnschliff lässt sich an verschiedenen Proben Andalusit nachweisen (Andalusit-Knoten-Schiefer). An der Strasse Brudjerd-Arak wird in einem Steinbruch ein turmalinführender Aplit abgebaut. Dieser isolierte Aplit dürfte mit dem erwähnten Graniten im Zusammenhang stehen. Muskowit-Turmalinpegmatite sind besonders auch an Strasseneinschnitten weiter nördlich gegen Arak feststellbar. Verschiedentlich kommen bis dm und breitere, verfaltete Quarzgänge und

-Adern in den vorwiegend schiefrigen Gesteinen vor. In solchen Quarzgängen konnte kein Erz festgestellt werden. Die Gesteine der Schiefermassen, einige km SW der Mine bei Kässavan, sind teils dunkle, weiche Phyllite, teils merklich härtere, verquarzte Schiefer. Auch hier treten Quarzgänge und -Adern auf, in denen Erzmineralien nicht nachzuweisen sind. Die phyllitischen Gesteine unsicheren Alters (mesozoisch) sind zweifellos aus ursprünglichen Peliten durch metamorphe Ueberprägung entstanden. Die Metamorphosebedingungen sind, wie erwähnt, nicht näher untersucht worden, insbesondere auch nicht die einzelnen Phasen und die mineralfaziellen Aspekte. Wie einleitend zu diesem Abschnitt vermerkt, sind Form und Ausmass der Eruptivkörper unbekannt und es wäre durch Detailstudien im weitausgedehnten Phyllitgebiet zu prüfen, ob der Granit nur für die erwähnte Kontaktmetamorphose verantwortlich ist, oder ob eventuell die Phyllite weiter überprägt worden sind. Dies wäre beispielsweise im Zusammenhang mit prae-Mittelkreide Granitintrusionen und tektonischen Bewegungen denkbar.

Ein auffallendstes Merkmal der Bleilagerstätte von Ahängäran sind intensiv verfaltete Bleiglanzkristalle. Die Platznahme des Pb-Erzes könnte wohl prae- oder syntektonisch vor sich gegangen sein. Es wäre denkbar, die Pb-Lagerstätte von Ahängäran mit der Granitintrusion in Verbindung zu bringen. Es ist aber folgendes zu beachten: In den dem Eruptivkörper von Samen benachbarten Quarzadern konnten aber nirgends Vererzungen beobachtet werden. Zudem gelang es nicht, irgendwelche geologische Beziehungen zwischen den erzführenden Quarzgängen im Minengebiet und dem Granitstock nachzuweisen. Eine einwandfreie hydrothermale Genese der Lagerstätte von Ahängäran lässt sich auf Grund der bisherigen Feldbeobachtungen somit nicht vertreten.

b. Synsedimentäre Entstehung der Lagerstätte

Wie in Abschnitt 2.3.2.1 beschrieben, tritt das Erz vorwiegend in Taschen auf, wobei diese aus eigentlichen Erzlinsen bestehen, die von punktförmig vererzten Nebengesteinspartien umgeben werden. Diese Vererzung ist schichtgebunden. Durch Aufschlussarbeiten gelang es, die Form des Erzkörpers zu erfassen. Basierend auf den in Stollen gemachten Beobachtungen resultierte der in Fig. 5 dargestellte, verfaltete Erzkörper. Er ist dem ähnlich verfalteten Nebengestein (vorwiegend kalkführender Sandstein) eingelagert. Anschliffe des Bleierzes zeigen deutliche Verfaltungserscheinungen (siehe hierzu z.B. Tafel 5, Abb. 1-3). Es ist anzunehmen, dass das Erz, nach erfolgter Einbettung im Nebengestein, mit diesem zusammen im Gross- und Kleinbereich verfaltet wurde. Neben Verfaltungserscheinungen sind auch Zerklüftung und

Bruchbildung nachweisbar. Möglicherweise kam es bei der tektonischen Ueberprägung des ganzen Minengebietes zu weiterer Anreicherung des Erzes. Wie im vorangenden Abschnitt erwähnt, gelang es auf Grund bisheriger Feldbeobachtungen nicht, einen sicheren Zusammenhang zwischen Granitbildung und dem Entstehen der Lagerstätte nachzuweisen. Werden alle Tatsachen, besonders das Auftreten des schichtgebundenen Erzes, berücksichtigt, so scheint eine synsedimentäre Genese der Lagerstätte von Ahängäran am wahrscheinlichsten. Allerdings ist es heute nicht möglich, sich genaue Vorstellungen zu machen, mittels welcher Mechanismen die Metalle in diese Sedimente gelangten. Möglicherweise waren die Metalle primär im Ausgangsmaterial der Phyllite enthalten und gelangten später im Verlaufe tektonisch-geochemischer Vorgänge in die sandige und dolomitischen Horizonte oder waren in letzteren selbst primär enthalten und nachträglich angereichert worden. In Ahängäran, sowie in der weiteren Umgebung, sind Pb und Zn örtlich meist fast völlig getrennt. Dies wurde auch anderswo beobachtet. Nach MOSTLER 1965 trifft dies für vererzte permische Schichten von Tregiovo in den Südalpen zu, wo Bleiglanz und Zinkblende weitgehend örtlich getrennt auftreten. Noch weiter zu klären wäre der relativ hohe Silbergehalt des Bleiglanzes. Bekannt ist, dass Graptolithenführende Schiefer um 1 ppm Ag enthalten können (GOLDSCHMIDT 1954), gewisse marine Organismen bis 7 ppm Ag. Der letztgenannte Silbergehalt entspricht einem Anreicherungsfaktor gegenüber Meerwasser von 21'000 (MERO 1965).

Erläuterungen zu den Tafeln 4 - 7

Tafel 4: Die Dünnschliffphotos, Abb. 1-4, sind im Text erläutert.

Tafel 5: Abb. 1, Anschliff, T2, A4
Bleiglanz, deutlich verfaltet.

Abb. 2, Anschliff, T3, 3
Bleiglanz mit relativ breiten Faltenzügen.

Abb. 3, Anschliff, T2, 2
Bleiglanz mit deutlicher Verfaltung.

Abb. 4, Anschliff, T2, G1
Durch Aetzung fein zonierter Bleiglanz.

Tafel 6: Abb. 1, Anschliff, T3, 3
Bleiglanz (durch Aetzung mit Fackertz Aetzmittel fast schwarz), mit kleinen Körperchen eines "Silberträger" (weiss), vergleiche RAMDOHR (1931, S. 252).

Abb. 2, Anschliff, T3, 3
Bleiglanz, während 60 Minuten mit verdünnten HNO_3, geätzt. Bleiglanz (schwarz) zeigt kleine Körner von "Silberträger".

Abb. 3, Anschliff, T2, f2 (Korn 2)
Bleiglanz, schlechter Anschliff, der aber ausgezeichnet die charakteristischen, dreiseitigen Spaltausbrüche (100) zeigt.

Abb. 4, Anschliff, T15
Durch Aetzung ist die Spaltbarkeit (100) gut sichtbar, z.T. auch die Korngrenzen (vergleichbar mit gestricktem Bleiglanz, RAMDOHR, 1931, S. 257).

Tafel 7: Abb. 1, Anschliff, T3, f1
Bleiglanz, beginnende Oxidation zu Anglesit (schwarz), Anglesit entwickelt sich ausgezeichnet entlang den Spaltrissen der Bildmitte (siehe RAMDOHR, 1931, S. 244).

Abb. 2, Anschliff, T3, a
Cerussit (Weissbleierz-$PbCO_3$), durchsichtig, fleckenartige Bildung an der Oberfläche des Bleiglanzes, wird von H_2SO_4 sofort angegriffen und zeigt eine matte Farbe, keine Spaltbarkeit. Bleiglanz (weiss), Cerussit (dunkelgrau).

Abb. 3, Anschliff, T2, f
Pyritkörner, z.T. idiomorph in Bleiglanz.

Abb. 4, Anschliff, T2, Teh.
Pyrit, geätzt, (SCHNEIDERHOEHN, 1931) schlechte, rytmische Gelstruktur zeigend.

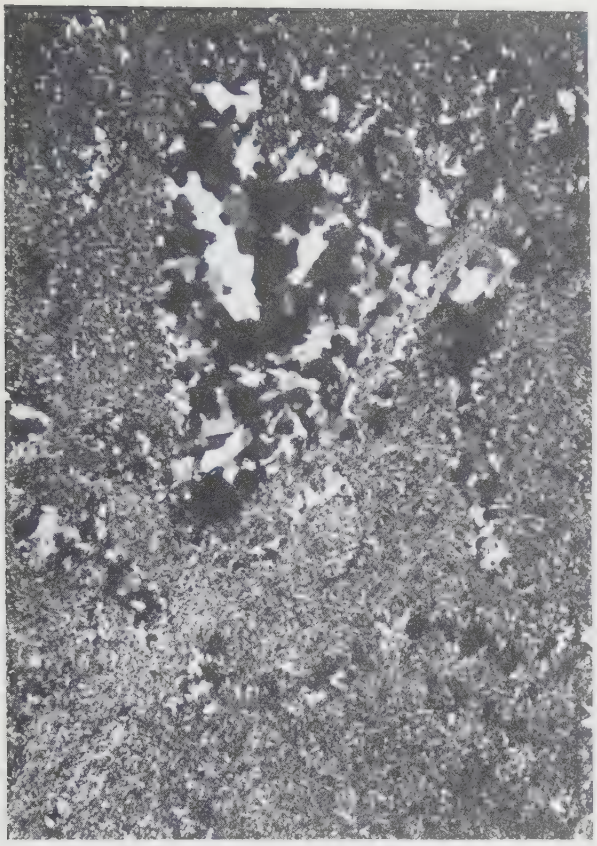


Abb. 1

Abb. 2

35 mm

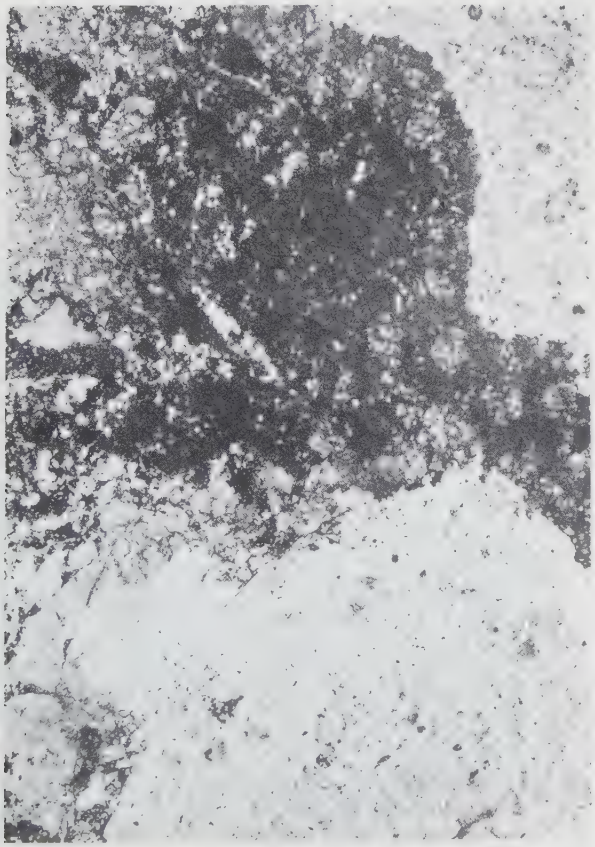


Abb. 3

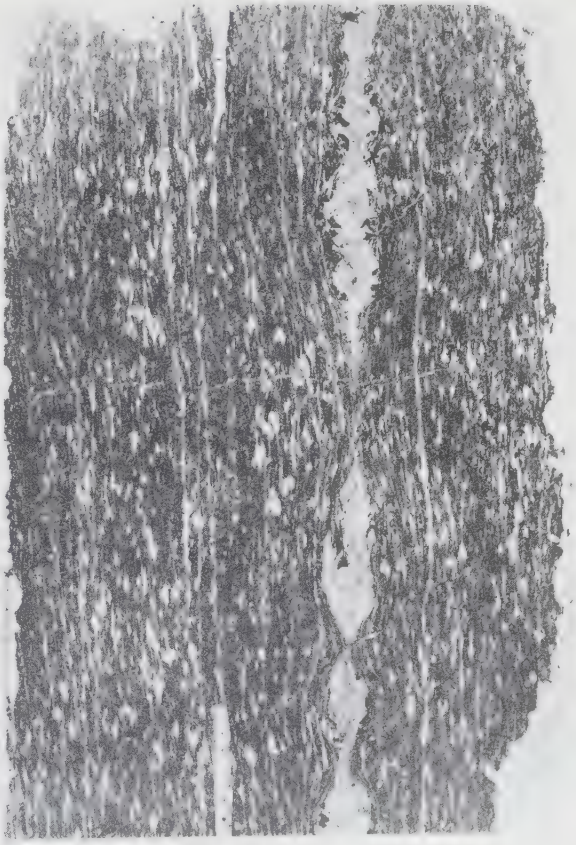


Abb. 4

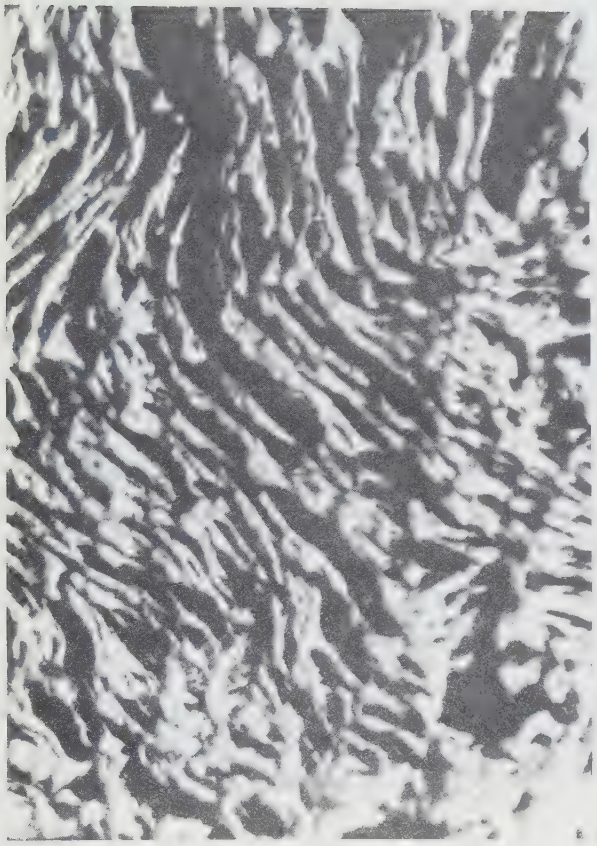


Abb. 1

Abb. 2

1 mm

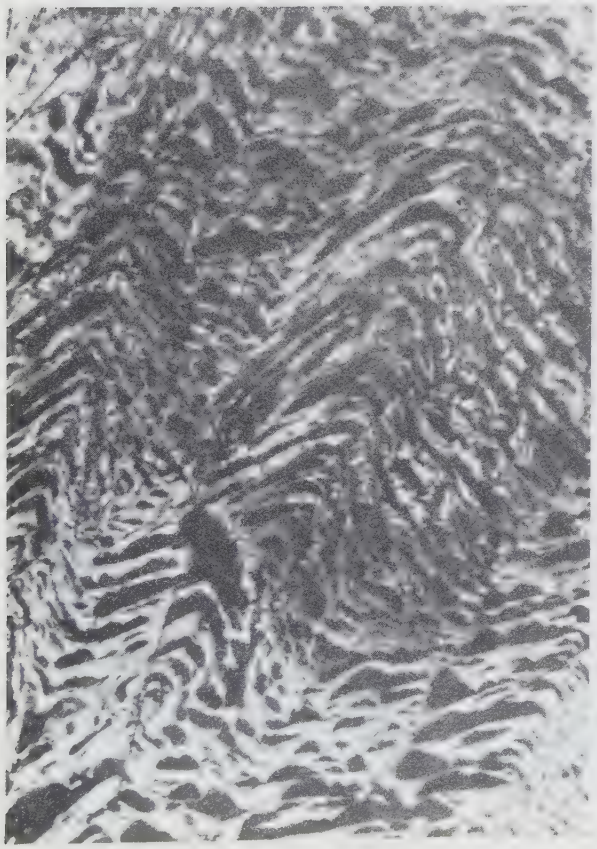


Abb. 3

Abb. 4

Abb. 1

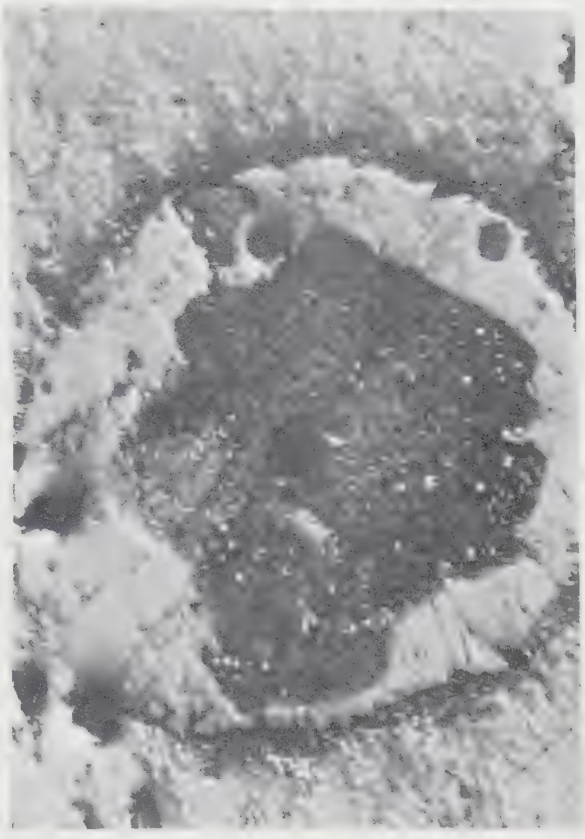


Abb. 2

1 mm

Abb. 3

Abb. 4

Abb. 1

Abb. 2

1 mm

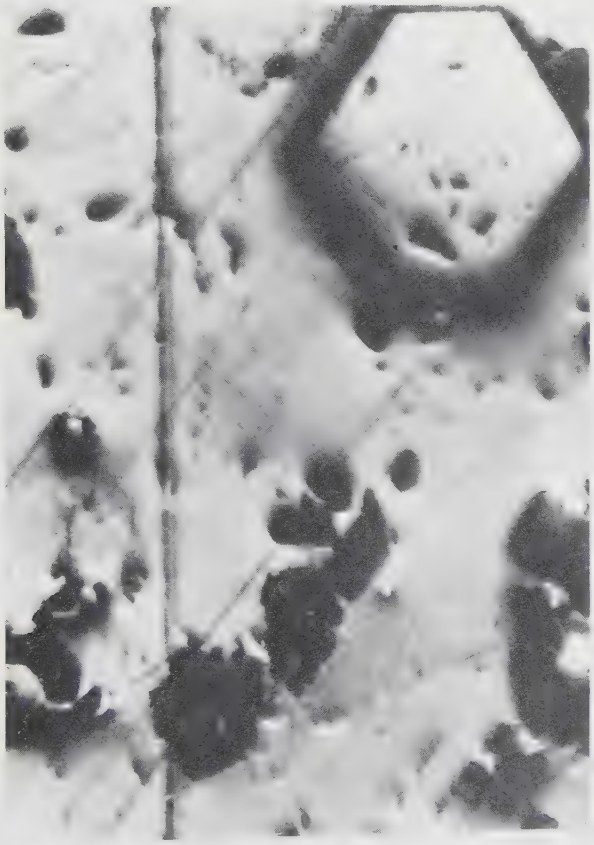


Abb. 3

Abb. 4

Literaturverzeichnis (entsprechend der Originalfassung)

BAIER, E. (1938): Ein Beitrag zum Thema Zwischengebirge.
Zentralblatt f. Mineral. Abt. B, Monatshefte II.

BARIAND, P. et al. (1965): Preliminary metallogenic map of Iran.
Geol. Survey of Iran, Rep. No. 7.

BURNOL, L. (1968): Contribution à l'etude des gisements de plomb et zinc de l'Iran. Essais de classification paragenetique.
Geol. Survey of Iran, Report No. 11.

FURON, R. (1941): Géologie du Plateau Iranian (Perse-Afghanistan-Beloutchistan). Mem. Mus. Nat.-Hist. Nat. n.s., Vol. 7, Fasc. 2, S. 177-414.

GOLDSCHMIDT, V.M. (1954): Geochemistry.
Edited by A. Muir, Oxford.

GREGORY, J.W. (1926): The Structure of Asia.
Methuen, London.

HADITSCH, J.G. und UCIK, F.H. (1970): Das Pb-Ag-Erzvorkommen im Preisdorferwald Kolbnitz im Mölltal (Kärnten).
Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen. Institut für Mineralogie und Gesteinskunde der Montanistischen Hochschule Leoben. S. 127-153.

HOLZER, H.F. and MOMENZADEH, M. (1971): Ancient Copper Mines in the Veshnoveh Area, Kuhestane-E-Qom, West-Central-Iran.
Archaeologia Austriaca, 49, S. 1-22.

HOLZER, H.F. (1971): Ueberblick über Geologie und Lagerstätten des Iran.
Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Bd. 116/8, S. 268-273.

HUTTENLOCHER, U. und RAMDOHR, D. (1965): Mineral- und Erzlagerstättenkunde I, II. Sammlung Göschen, Bd. 1014/1014a und 1015/1015a.

MAUCHER, A. (1957): Die Deutung des primären Stoffbestandes der Kalkalpen Pb-Zn-Lagerstätten als syngenetisch-sedimentäre Bildung.
Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Bd. 9,

MERO, L. (1965): The Mineral Resources of the Sea. Amsterdam.

MOSTLER, H. (1965): Bemerkungen zur Genese der sedimentären Blei-Zink-Vererzungen im Südalpen-Perm.
Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen, Bd. 3, S. 55-70.

NATIONAL IRANIAN OIL COMPANY (1959): Explanatory Notes to the Geological Map of Iran. Prepared by the Geological Staff of the Iran Oil Company, Teheran.

RAMDOHR, P. (1960): Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen.
Akad. Verlag, Berlin

SIEMES, H. (1961): Beobachtungen zur Verformung und zum Rekristallisationsverhalten von Bleiglanzen.
Diss. Rheinisch-Westfäl. Techn. Hochschule Aachen.

SCHNEIDERHÖHN, H. (1952): Erzmikroskopisches Praktikum.
Schweizerbart, Stuttgart.

SCHRÖDER, J.W. (1944): Essai sur la structure du l'Iran.
Eclogae geol. Helv. Vol. 37, S. 37-81.

STAHL, E. (1911): Persien. Handbuch der Regionalen-Geologie 5, Heft 8, Heidelberg.

STÖCKLIN, J., RUTTNER, A., NABAVI, M. (1964): New data on the lower Paleozoic and Precambrian of North Iran.
Geol. Survey of Iran, Report No. 1.

STÖCKLIN, J. (1964): A review of the structural History and Tectonics of Iran. Geol. Survey of Iran.

STÖCKLIN, J. (1968): Structural history and tectonics of Iran: A review.
Bull. Americ. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 52, No. 7, S. 1229-1258.

THIELE, O. et al. (1968): Explanatory Text of the Golpaygan Quadrangle Map 1:250'000. Geol. Quadrangle, No. E.7, Geol. Survey of Iran.

TRÖGER, W.E. (1967): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale.
Schweizerbart, Stuttgart.

WINKLER, H. (1965): Die Genese der metamorphen Gesteine.
Springer, Berlin-Heidelberg.

LEBENSLAUF

Ich, Sirus, Schafighi, wurde am 25.12.1943 in Rasht (Iran) geboren. Nach Besuch der Primarschule trat ich 1953 in die naturwissenschaftliche Abteilung des städtischen Gymnasiums (Dar-al-Fonun) in Teheran ein. Nach bestandener Matura leistete ich während 18 Monaten meinen Militärdienst.

Am 14. Mai 1963 immatrikulierte ich mich an der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern. Mineralogie-Petrographie wählte ich als Hauptfach, Geologie und Chemie als Nebenfächer.

Im Sommer 1967 begann ich mit meiner Lizenziatsarbeit: Die Blei-Vererzungen am Col des Mines bei Verbier (Kt. Wallis), welche ich am 15.4.1969 mit dem Diplom abschloss.

Hernach reiste ich nach Persien, um als Minengeologe im Chromitbergbau in Südpersien (bei Bändär-Abbass) und im Kohlenbergbau Nordpersien (bei Mändjil) zu arbeiten.

Anschliessend erfolgten Prospektionsarbeiten in den Blei-Minen von Ahängäran, deren Ergebnisse in meiner Dissertation bearbeitet wurden.